

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-197216

(43)Date of publication of application : 01.08.1995

(51)Int.Cl.

C22F 1/04  
C22C 21/00  
C23F 15/00

(21)Application number : 05-351657

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD  
SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD

(22)Date of filing : 28.12.1993

(72)Inventor : FURUYA SEIICHI  
AKASAKI KATSUHIKO  
NAGATA TATSUO  
MATSUDA SHINICHI  
YOSHIDA HIDEO

### (54) ALUMINUM ALLOY FORGED MATERIAL HAVING EXCELLENT FATIGUE STRENGTH AND CORROSION RESISTANCE AND ITS PRODUCTION

#### (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an aluminum alloy forged material by giving a compressed residual stress of a specific distributing state on the surface layer, in the Al alloy forged material obtained by executing solution treatment and tempering treatment after forging to precipitate Mg<sub>2</sub>Si phase in the matrix.

CONSTITUTION: In the method for producing this Al alloy forged material, after executing the solution treatment, the cold-working is applied so as to exist a part of  $\geq 200\mu\text{m}$  width having the compressed residual stress of  $\geq 98\text{N/mm}^2$  at a prescribed position in the range within 1mm from the surface of the forged material. Thereafter, the tempering treatment is executed. By this method, the Al alloy forged material which should have  $\leq 200\mu\text{m}$  depth from the forged material surface to the tip part of corrosion as defined by JIS W1103 and in which the grain boundary precipitation of Mg<sub>2</sub>Si particularly the precipitation at a large inclination angle grain boundary is suppressed, and which has excellent fatigue strength is obtd. without developing the grain boundary corrosion even in the case of repeatedly giving stress in the corrosion environment.

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.12.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2813295

[Date of registration] 07.08.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 07.08.2001

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-197216

(43) 公開日 平成7年(1995)8月1日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号 | 弁内整理番号  | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|---------|-----|--------|
| C 2 2 F 1/04              | Z    |         |     |        |
|                           | H    |         |     |        |
| C 2 2 C 21/00             | Z    |         |     |        |
| C 2 3 F 15/00             |      | 8414-4K |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 6 頁)

|           |                  |          |  |
|-----------|------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平5-351657      | (71) 出願人 | 000002118<br>住友金属工業株式会社<br>大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 |
| (22) 出願日  | 平成5年(1993)12月28日 | (71) 出願人 | 000002277<br>住友軽金属工業株式会社<br>東京都港区新橋5丁目11番3号    |
|           |                  | (72) 発明者 | 古谷 精市<br>大阪市此花区島屋5-1-109 住友金属<br>工業株式会社製鋼所内    |
|           |                  | (72) 発明者 | 赤崎 勝彦<br>大阪市此花区島屋5-1-109 住友金属<br>工業株式会社製鋼所内    |
|           |                  | (74) 代理人 | 弁理士 福田 保夫                                      |
|           |                  | 最終頁に続く   |  |

(54) 【発明の名称】 疲労強度および耐食性に優れたアルミニウム合金鍛造材およびその製造方法

(57) 【要約】

【構成】 溶体化処理および焼戻し処理を行いマトリックス中にMg、Si相を析出させたアルミニウム合金鍛造材において、該鍛造材の表層から1mm以内の領域に $98\text{ N/mm}^2$ 以上の圧縮残留応力を有する部分が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上の幅で存在し、JIS W 1103に従う粒界腐食により求められた鍛造材表面から腐食先端までの深さが $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

【効果】 腐食環境下で繰り返し応力を付加された場合にも粒界腐食を生じることなく、疲労強度の優れたアルミニウム合金鍛造材が提供される。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶体化処理および焼戻処理を行ってマトリックス中にMg、Si相を析出させたアルミニウム合金鍛造材であって、該鍛造材の所定個所の表層から1mm以内の領域に98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分が平均200μm以上の幅で存在しており、粒界腐食試験によって求められる前記鍛造材表面から腐食先端までの深さが200μm以下であることを特徴とする疲労強度および耐食性に優れたアルミニウム合金鍛造材。但し、粒界腐食試験はJIS W 1103に従って行う。

【請求項2】 鍛造加工後、溶体化処理および焼戻処理を行ってマトリックス中にMg、Si相を析出させるアルミニウム合金鍛造材の製造方法において、溶体化処理後、該アルミニウム合金鍛造材の所定個所に、該所定個所の表層から1mm以内の領域に98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分が平均200μm以上の幅で存在するよう冷間加工を与えたのち、焼戻処理することによって特徴とする請求項1記載の疲労強度および耐食性に優れたアルミニウム合金鍛造材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、疲労強度および耐食性に優れたアルミニウム合金鍛造材およびその製造方法、詳しくは、6000系アルミニウム合金など、溶体化処理と焼戻処理を行ってマトリックス中にMg、Si相を析出させるアルミニウム合金の鍛造材について優れた疲労強度および耐食性を与えたアルミニウム合金鍛造材およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】Mg、Siを主要合金成分として含有し、溶体化処理、焼戻処理によってマトリックス中にMg、Si相を析出させる6000系アルミニウム合金（例えば、アメリカアルミニウム協会 AA6061, 6063, 6066, 6351, 6082 合金など）は、適度の強度と耐食性を兼ね備える合金であり、鍛造材として自動車その他種々の産業分野において広く使用されているが、6000系アルミニウム合金鍛造材を腐食環境の下で使用した場合、粒界腐食が発生することが少なくない。

【0003】粒界腐食は、焼戻し処理中にMg、Si相あるいは過剰Siが粒界、とくに大傾角粒界に析出することに起因して生じるもので、粒界腐食が進行すると、例えば、自動車用鍛造ホイールやサスペンションアームなどとして使用する場合には、繰り返し応力が付加される使用環境下においては、腐食部が鋭い切欠きとして作用するため、合金の疲労強度が低下することになる。疲労強度を向上させる方法として、溶体化処理、焼戻処理後冷間でショットピーニングなどを行い、材料表面に圧縮応力を付与する手法が通常用いられているが、耐粒界腐食性にはほとんど影響を与えることがなく、腐食環境下における疲労強度の向上策としては効果がな

い。

【0004】また、6000系アルミニウム合金の耐粒界腐食性を改善するために、溶体化処理後加工度数%の軽度の冷間圧延を行ったのち焼戻し処理する方法も提案されているが、この方法によっても粒界腐食が避けられない場合も多く、必ずしも確実な改善策とはならず、圧延加工度が大きくなると引張応力が残留して粒界腐食を進行させる結果ともなる。

## 【0005】

10 【発明が解決しようとする課題】本発明は、Mg、Siを主要合金成分として含有し、鍛造加工後溶体化処理および焼戻処理によってマトリックス中にMg、Si相を析出させる6000系アルミニウム合金鍛造材における従来の問題点を解消するために、上記の溶体化処理後軽度の冷間圧延を行う方法における合金材中の残留応力と粒界腐食との関係を詳細に検討した結果、圧縮残留応力の大きさおよびその分布形態が粒界腐食の進行に密接に関係することを見出したことに基づいてなされたものであり、その目的は、腐食環境下において使用しても粒界腐食が発生することなく疲労強度に優れたアルミニウム合金鍛造材およびその製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための本発明による疲労強度および耐食性に優れたアルミニウム合金鍛造材およびその製造方法は、鍛造加工後溶体化処理および焼戻処理を行ってマトリックス中にMg、Si相を析出させたアルミニウム合金鍛造材であって、該鍛造材の所定個所の表層から1mm以内の領域に98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分が平均200μm以上の幅で存在しており、JIS W 1103に規定する粒界腐食試験によって求められる該アルミニウム合金鍛造材の表面から腐食先端までの深さが200μm以下であることを本発明アルミニウム合金鍛造材の構成上の特徴とする。

30 【0007】また、鍛造加工後溶体化処理および焼戻処理を行ってマトリックス中にMg、Si相を析出させるアルミニウム合金鍛造材の製造方法において、溶体化処理後アルミニウム合金鍛造材の所定個所に、該所定個所の表層から1mm以内の領域に98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分が平均200μm以上の幅で存在するよう冷間加工を与えたのち、焼戻処理することによって本発明の製造方法の構成上の特徴とする。

40 【0008】本発明の対象となるアルミニウム合金は、例えば0.2～1.5%のMg、0.2～1.5%のSiを主要合金成分として含有し、少量のCu、Mn、Cr、Zr、Tiその他の元素を使用目的に応じて選択的に添加し、溶体化処理および焼戻処理によりマトリックス中にMg、Si相を析出させて強度向上を図る6000系アルミニウム合金である。6000系アルミニウム合金として、例えば、アメリカアルミニウム協会規格 AA606

1. AA6063, AA6066, AA6351, AA6082合金などがある。

【0009】6000系アルミニウム合金材において、粒界腐食は、前記のように、溶体化処理、焼戻処理によりMg, Si相が合金マトリックス中の結晶粒界、とくに大傾角粒界に析出し、腐食環境下でMg, Si相とマトリックス間に電位差が生じることに起因するものであるから、粒界腐食の発生を抑制するためには、焼戻処理時にMg, Si相が結晶粒界に析出するのを防止することが必要となる。本発明において特定された分布形態の圧縮残留応力を付与することにより、合金組織中に形成されたひずみ場が析出粒子の核生成サイトとなり、焼戻し処理時に溶質原子の結晶粒内析出を促進し、Mg, Si相の粒界析出とくに大傾角粒界での析出を抑制する。

【0010】鍛造材の表面に圧縮残留応力を付与する方法は、表面部へのスピニング加工、ショットピーニングなど公知の表面冷間加工方法が適用できるが、本発明においては、圧縮残留応力を付与すべき所定個所において、表層から1mm以内の領域に98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分が平均200μm以上の幅で存在していることが重要な要件となり、当該残留応力の分布によって、粒界腐食の進行が抑制されて腐食環境下での疲労強度の低下が抑えられるとともに、圧縮ひずみは部材の使用時に付加される繰り返し応力の引張り応力成分を打ち消し、腐食環境以外の使用環境下での疲労強度を向上させる。

【0011】圧縮残留応力が98N/mm<sup>2</sup>未満では粒界腐食の抑制効果が十分でなく、とくに厳しい腐食環境下では粒界腐食が生じる場合がある。表層部に粒界腐食が生じた場合は疲労亀裂を低下させるに十分な大きさとなるから、圧縮残留応力は表層から1mm以内の領域に付加させることが必要である。圧縮残留応力を有する部分の幅が平均200μm未満では、残留応力の付加が不十分な領域からMgおよびSiが粒界に沿って拡散してくるために残留応力付加領域においても粒界腐食が発生するおそれがある。圧縮残留応力の付与は、焼戻処理時の結晶粒内への析出を促進するために行うものであるから、鍛造材の溶体化処理後、焼戻処理前に行わなければならない。また、溶体化処理前に行った場合も、生成したひずみ場が溶体化処理中における組織の回復により消失するため効果が無い。

【0012】アルミニウム合金材の粒界腐食試験の1つとして、航空機用熱処理型アルミニウム合金の検査において用いられるJIS W 1103に規定された粒界腐食試験がある。本発明においては、鍛造加工後溶体化処理し、前記のように圧縮残留応力を付与し、焼戻処理した6000系アルミニウム合金鍛造材について、上記粒界腐食試験による腐食形態および腐食深さ、腐食環境、繰り返し応力の大きさなどとの関係について検討し、JIS W 1103に従って粒界腐食試験を行った場合の腐食深さが材

料表面から200μm以下の材料であれば、実際使用における腐食環境下においても、疲労強度を低下させる切欠きとなる粒界腐食が発生しないため、疲労強度の低下が生じないことを明らかにした。

【0013】

【作用】本発明は上記の構成からなり、鍛造加工後溶体化処理、焼戻処理を行いマトリックス中にMg, Si相を析出させるアルミニウム合金鍛造材において、溶体化処理後、表層部に特定された分布形態の圧縮残留応力を付与して結晶粒界に析出粒子の生成サイトを形成し、焼戻処理により粒界で析出しようとするMg, Si相を結晶粒内に優先的に析出させることにより、Mg, Si相の粒界析出が抑制され、腐食環境下における耐粒界腐食性が向上するとともに、圧縮ひずみが鍛造材の使用時に付加される繰り返し応力の引張り応力部分を打ち消して、腐食環境以外の使用環境下での疲労強度を向上させる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を比較例と対比して説明する。

#### 20 実施例1

表1に示す成分組成を有する6000系アルミニウム合金を溶解し、直径250mmのピレットを铸造した。このスラブを常法に従って均質化処理した後、ブランクを切り出し、450℃で大型トラック用アルミニウムホイール形状にプレス鍛造した。この鍛造材を切削加工して形状を整えた後、530～540℃の温度で2時間溶体化処理し、水焼入れした後、リム部に以下の方法で圧縮残留応力付加のための冷間加工を加えた。

【0015】圧縮残留応力付加方法

- 30 A. ロール加工面R5、送りピッチ2mm/rev.、押し込み量0.5mmのスピニング加工
- B. ロール加工面R10、送りピッチ2mm/rev.、押し込み量0.5mmのスピニング加工
- C. 鋼球(SB8～10)を使用するショットピーニング
- D. 超高圧水(圧力29.4MPa)をリム部に吹き付け
- E. 超高圧水(圧力49MPa)をリム部に吹き付け
- F. リム部の断面形状に合わせたロールによる圧延加工(押し込み量0.2mm)
- G. 切削のまま

【0016】図1に、上記圧縮残留応力付加方法により圧縮残留応力を加えた場合における圧縮残留応力の大きさの鍛造材の表面からの変化を、表1の試験材No.1(6061合金)を例として示す。図1にみられるように、圧縮残留応力付加方法A、BおよびCを適用した場合は、本発明の条件を満足する残留応力分布が得られるが、圧縮残留応力付加方法DおよびEを適用した場合は98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分の幅が狭く、Fおよび切削のまま(G)のものは圧縮残留応力の大きさ、98N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮残留応力を有する部分の幅ともに不十分で、いずれも本発明の条件を満足させることができない。

【0017】圧縮残留応力を付加した試験材の鍛造ホイールは、焼戻し処理後タイヤを組付け、ドラム上で回転させ、垂直荷重58.8kN、回転数170rpm、タイヤ内圧980kPa、タイヤ内添加水量40ccの条件で疲労試験を行って、破壊の生じた繰返し数を測定し、10万km走行に相当する回転試験後の腐食状況を観察した。結果を表2に示す。なお、腐食状況の観察は、リム部より試料を切り出し試料断面を光学顕微鏡により観察することにより行った。表2に示されるように、本発明に従って製作された鍛造ホイールは（試料No.1～9）は、いずれも満足すべき耐粒界腐食性および疲労強度を示した。

【0018】さらに、焼戻し処理後の鍛造ホイールについて、航空機用熱処理型アルミニウム合金の検査におい

＊て用いられる粒界腐食試験（JIS W 1103）に準拠して、NaCl57gと30% $H_2O_2$ を水で1lに調整した30℃の試験液に6時間浸漬した後、光学顕微鏡で断面を観察する粒界腐食試験を行った。評価は、粒界腐食試験後、試験材からサンプルを切り出し、研磨後光学顕微鏡で観察を行い、腐食形態、および腐食先端が鍛造材表面から厚さ方向にどの程度達しているかを調査した。結果を表2に示す。表2にみられるように、本発明に従って製作された試験材の鍛造ホイールはいずれも満足すべき耐粒界腐食性を示した。

【0019】

【表1】

| No | 合金規格   | 組 成 (質量%) |      |      |      |      |      |      |    |
|----|--------|-----------|------|------|------|------|------|------|----|
|    |        | Si        | Fe   | Cu   | Mn   | Mg   | Cr   | Ti   | Al |
| 1  | AA6061 | 0.64      | 0.20 | 0.30 | 0.05 | 0.97 | 0.19 | 0.03 | 残  |
| 2  | AA6066 | 1.32      | 0.20 | 0.95 | 0.72 | 1.05 | —    | 0.05 | 残  |
| 3  | AA6351 | 0.92      | 0.21 | 0.01 | 0.60 | 0.66 | —    | 0.03 | 残  |
| 4  | AA6082 | 1.14      | 0.18 | 0.01 | 0.77 | 0.88 | —    | 0.02 | 残  |

【0020】

※ ※【表2】

| 試験材 No | 合金 No | 残留応力付加方法 | 残留応力98N/mm <sup>2</sup> 以上の部分の表層からの範囲 μm | 粒界腐食試験 |           | 破壊が生じた繰返し数 ×10 <sup>6</sup> | 10万km走行後の腐食状況 |           |
|--------|-------|----------|--|--------|-----------|-----------------------------|---------------|-----------|
|        |       |          |  | 腐食形態   | 最大腐食深さ μm |                             | 腐食形態          | 最大腐食深さ μm |
| 1      | 1     | A        | 0～700                                    | P      | 30        | >10                         | P             | 100       |
| 2      | 1     | B        | 0～1000                                   | P      | 50        | >10                         | P             | 150       |
| 3      | 1     | C        | 30～400                                   | P      | 50        | 8                           | P             | 150       |
| 4      | 2     | A        | 0～850                                    | P      | 70        | >10                         | P             | 150       |
| 5      | 2     | C        | 50～350                                   | P      | 70        | 7                           | P             | 150       |
| 6      | 3     | B        | 0～800                                    | P      | 20        | >10                         | P             | 100       |
| 7      | 3     | C        | 30～500                                   | P      | 20        | >10                         | P             | 100       |
| 8      | 4     | A        | 0～800                                    | P      | 40        | >10                         | P             | 100       |
| 9      | 4     | B        | 30～500                                   | P      | 40        | >10                         | P             | 100       |

《表注》腐食形態:P 孔食(ピッチング)

【0021】比較例1

表1に示す組成のアルミニウム合金を溶解し、実施例1と同一工程に従って処理して大型トラック用アルミニウムホイール形状にプレス鍛造した。この鍛造材を実施例1と同様530～540℃で2時間溶体化処理した後水焼入れし、リム部に前記残留応力付加方法D～Gを適用して

冷間加工を加えたのち、175℃で8時間の焼戻し処理を行い、実施例1と同様の条件で疲労試験を行い、JIS W 1103に従う粒界腐食試験を実施した。試験結果を表3に示す。

【0022】

【表3】

| 試験材<br>No | 合金<br>No | 残留<br>応力<br>付加<br>方法 | 残留応力<br>98N/mm <sup>2</sup><br>以上の部<br>分の表層<br>からの範<br>囲 μm | 粒界腐食試験   |                      | 破壊が<br>生じた<br>繰返し<br>数<br>×10 <sup>6</sup> | 10万km走行後の<br>腐食状況 |                  |
|-----------|----------|----------------------|---|----------|----------------------|--|-------------------|------------------|
|           |          |                      |   | 腐食<br>形態 | 最大<br>腐食<br>深さ<br>μm |  | 腐食<br>形態          | 最大腐食<br>深さ<br>μm |
| 1         | 1        | D                    | 10~30   | P + I    | 250                  | 5  | P + I             | 500              |
| 2         | 1        | E                    | 0~150   | P + I    | 200                  | 2  | P + I             | 350              |
| 3         | 1        | F                    | 無し  | P + I    | 250                  | 2  | P + I             | 800              |
| 4         | 1        | G                    | 無し  | P + I    | 150                  | 3  | P + I             | 600              |
| 5         | 2        | D                    | 30~100  | P + I    | 250                  | 5  | P + I             | 600              |
| 6         | 2        | G                    | 無し  | P + I    | 300                  | 3  | P + I             | 800              |
| 7         | 3        | E                    | 0~150   | P + I    | 200                  | 4  | P + I             | 500              |
| 8         | 3        | F                    | 無し  | P + I    | 150                  | 2  | P + I             | 500              |
| 9         | 4        | E                    | 30~150  | P + I    | 200                  | 3  | P + I             | 400              |

《表注》腐食形態：P + I 孔食（ピッチング）と粒界腐食が発生

【0023】表3に示されるように、残留応力付加方法D、EおよびFを適用して残留応力を付与した試験材の鍛造ホイール、ならびに切削のままの鍛造ホイールは、いずれも圧縮残留応力98N/mm<sup>2</sup>以上の部分の表層からの範囲が200 μmより小さく、これらの鍛造ホイールは、10万km走行に相当する疲労試験後に粒界腐食が発生し最大腐食深さはいずれも350~800 μmに達した。粒界腐食試験においても腐食はいずれも孔食と粒界腐食とが混在した形態を呈し腐食の到達深さも大であった。また疲労試験においては短時間で破壊が生じた。

\*【0024】

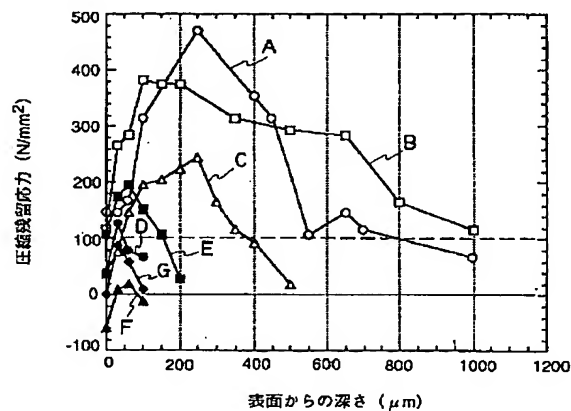
20 【発明の効果】本発明によれば、鍛造加工後に溶体化処理、焼戻処理を行い、マトリックス中にMg<sub>2</sub>Si相を析出させる6000系アルミニウム合金鍛造材において、Mg<sub>2</sub>Si相の粒界析出が抑制される結果、腐食環境下で繰返し応力を付加された場合にも粒界腐食が生じることがなく、疲労強度に優れたアルミニウム合金鍛造材が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】各種の圧縮残留応力付加方法を適用した場合における6061合金鍛造材の表面部の残留応力の分布を

\*30 示す図である。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 永田 辰夫  
大阪市中央区北浜 4 - 5 - 33 住友金属工  
業株式会社内

(72)発明者 松田 眞一  
東京都港区新橋 5 丁目 11 番 3 号 住友軽金  
属工業株式会社内

(72)発明者 吉田 英雄  
東京都港区新橋 5 丁目 11 番 3 号 住友軽金  
属工業株式会社内